

密度与施肥量对玉米产量及主要农艺性状的影响

于洪彬^{1,2}, 高树仁¹, 刘利², 王广明²

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省红光农场, 黑龙江 海伦 152343)

摘要:为探讨黑龙江省玉米的高产高效栽培,以德美亚1号为试验材料,采用二因素裂区设计,设主处理肥料因子为A共3个水平,即A₁(尿素280 kg·hm⁻²、磷酸二铵210 kg·hm⁻²、硫酸钾70 kg·hm⁻²),A₂(尿素400 kg·hm⁻²、磷酸二铵300 kg·hm⁻²、硫酸钾100 kg·hm⁻²),A₃(尿素520 kg·hm⁻²、磷酸二铵390 kg·hm⁻²、硫酸钾130 kg·hm⁻²);以种植密度(B)为副区,设定5个不同种植密度(6.0万、7.5万、9.0万、10.5万和12.0万株·hm⁻²),研究了种植密度及施肥量对其产量和主要农艺性状的影响。结果表明:不同种植密度和施肥量对德美亚1号的产量有显著影响。在相同种植密度条件下,随着施肥量的增加穗行数、行粒数及千粒重均呈先升高后下降的变化趋势,而德美亚1号的穗粗、穗长、出籽率随施肥量增加呈现逐渐升高的趋势,在相同施肥水平上,穗长、穗粗及行粒数均随着密度的增加而逐渐下降,而千粒重呈先增加后下降的趋势,且当种植密度为B₃时,千粒重最重为337.23 g。此外,各肥密处理组合产量以A₂B₃处理(尿素400 kg·hm⁻²、硫酸钾100 kg·hm⁻²、磷酸二铵300 kg·hm⁻²,9.0万株·hm⁻²)最高,其次A₃B₃(尿素520 kg·hm⁻²、硫酸钾130 kg·hm⁻²、磷酸二铵390 kg·hm⁻²,9.0万株·hm⁻²)处理。

关键词:德美亚1号;施肥量;密度;农艺性状;产量

中图分类号:S513 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)08-0027-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.08.0027

玉米是重要的饲料作物及粮食作物,其产量除受品种遗传性影响外,还受栽培措施和环境因素的影响。玉米品种德美亚1号目前已成为黑龙江省主推品种之一。研究施肥与种植密度对玉米品种德美亚1号农艺性状及产量的影响,对提高黑龙江玉米产量,丰富栽培措施具有重要的意义。研究发现在玉米生产过程中,适当密植及合理施用肥料可以提高玉米产量,改善玉米品质^[1]。刘开昌等^[2]研究了种植密度对不同株型玉米光合特性及产量的影响,发现合理密植是保障玉米增产的关键因素。前人通过研究不同施肥量与种植密度对高油玉米产量及品质的影响,发现施肥量和种植密度显著影响玉米产量^[3]。合理施肥和密植可以促进玉米植株生长发育,协调个体和群体的关系,提高产量^[4-6]。目前大部分研究认为,不同密度对玉米农艺性状及产量均有显著影响,在一定种植密度范围内,玉米产量随密度的增加显著增加,超过最适密度,玉米产量会随种植密度增加呈下降趋势,因此合理密植是提高单产的关键措施^[7-8]。近年来,关于肥料与密度对玉米农艺性状

及产量影响的相关研究较多,但由于生态条件、供试品种、播种季节以及试验规模的不同,所得结论也不完全一致^[9-12]。目前,关于玉米品种德美亚1号在黑龙江地区合理的种植密度及施肥水平的系统研究还较为缺乏。以德美亚1号为研究对象,研究不同栽培措施(密度、氮肥、磷肥、钾肥)对玉米产量及产量构成因素的影响,找出最佳的农艺组合方案,为黑龙江省玉米高产、高效规范化栽培提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米品种为德美亚1号(垦丰公司购买);供试肥料为尿素(中国石油天然气股份有限公司,总氮量 $\geq 46.4\%$)、磷酸二铵(云南三环中化化肥有限公司,总养分(N+P₂O₅) $\geq 64.0\%$ 和硫酸钾(国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司,K₂O $\geq 51.0\%$)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2014年在黑龙江省红光农场进行。选择肥力均匀,前作玉米,地块平整,排水方便的地块,进行不同施肥量、不同密度的产量比较试验。试验采用裂区设计(见表1)以肥料因子A为主区,设3个水平,A₁施尿素280 kg·hm⁻²、磷酸二铵210 kg·hm⁻²、硫酸钾70 kg·hm⁻²,A₂施尿素400 kg·hm⁻²、磷酸二铵

收稿日期:2016-07-06

第一作者简介:于洪彬(1987-),男,黑龙江省肇东市人,学士,助理农艺师,从事作物高产栽培研究。E-mail:708889474@qq.com。

通讯作者:高树仁(1965-),男,博士,高级农艺师,硕士研究生导师,从事玉米遗传育种研究。

300 kg·hm⁻²、硫酸钾 100 kg·hm⁻², A₃ 施尿素 520 kg·hm⁻²、磷酸二铵 390 kg·hm⁻²、硫酸钾 130 kg·hm⁻²;以种植密度(B)为副区,设定 5 个不同种植密度(6.0 万、7.5 万、9.0 万、10.5 万和 12.0 万株·hm⁻²)。每个处理设置 3 次重复,共 80 个小区,试验小区为 6 行区,每行 30 m。其中氮肥的 70%作追肥(拨节期 1/3,大喇叭口期 2/3),其余肥料全部作基肥施用。其它田间管理均同当地大田生产,全生育期无灌溉。

1.2.2 测定项目及方法 (1) 叶面积指数(LAI):在玉米生长关键时期拔节期(V7),大喇叭口期(V12),吐丝期(VT),乳熟期(R3)及完熟期(R6)在各处理取 4 个点,每个点取长势一致的

植株 5 株,测定绿叶面积,单叶面积=叶长×叶宽×0.75(其中 0.75 为校正系数),叶面积指数(LAI)=单株叶面积×单位土地面积内的株数/单位土地面积。(2)田间测产与考种:收获时每小区在中间 4 行取 10 m²测产,田间直接测定鲜穗重量,带回室内脱水折算实际产量,并取有代表性 10 穗进行考种。分别测定穗长、穗粗、穗行数、行粒数、千粒重等。

1.2.3 数据处理 用 Excel 2003 软件对数据进行统计分析,利用 SPSS 21.0 软件进行双因素方差分析,采用 Duncan 检验法进行多重比较及差异显著性分析(α=0.05)。图表数据均为平均值±标准误。

表 1 裂区试验设计各处理代号

Table 1 The symbol of different treatments for split-plot experiment

A 肥料因子 Fertilizing actor	施肥量/(kg·hm ⁻²) Fertilizing amount			B 种植密度/(万株·hm ⁻²) Planting density	
	尿素 Urea	磷酸二铵 Diammonium phosphate	硫酸钾 Potassium sulfate		
A1	280	210	70	B1	6.0
				B2	7.5
				B3	9.0
				B4	10.5
				B5	12.0
A2	400	300	100	B1	6.0
				B2	7.5
				B3	9.0
				B4	10.5
				B5	12.0
A3	520	390	130	B1	6.0
				B2	7.5
				B3	9.0
				B4	10.5
				B5	12.0

2 结果与分析

2.1 不同处理对德美亚 1 号叶面积指数的影响

从图 1 可看出,各肥料及密度处理玉米叶面积指数 LAI 随着生育进程的推进,呈先上升后降低的趋势,且各处理的 LAI 均在吐丝期(VT)达到最大值。玉米叶面积指数随施肥量及密度水平的增加呈显著上升趋势,在同一施肥水平下种植密度为 B5(12 万株·hm⁻²)时各生育时期的叶面

积指数 LAI 最大。LAI 随着肥密水平的提高呈现增加趋势。双因素方差分析表明(见表 2),不同施肥水平的差异在各生育时期均达极显著(P<0.001,下同)水平;不同密度水平的差异在各生育时期均达极显著水平;通过双因素分析表明,肥料因子与密度因子表现出显著的互作效应,各生育时期除大喇叭口期和吐丝期叶面积指数不显著外,其它生育时期均达极显著水平。

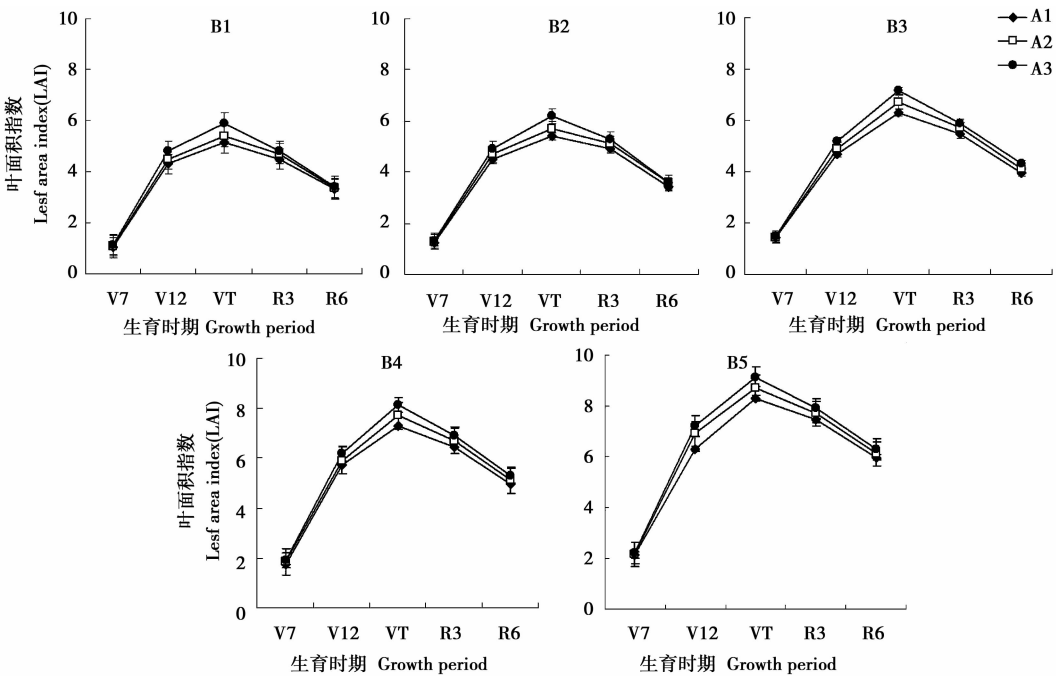


图 1 不同施肥量和群体密度对玉米叶面积指数的影响
Fig. 1 Effect of different fertilization and planting density on leaf area index (LAI) of maize

表 2 不同生育时期叶面积指数的差异显著性

Table 2 significant difference of leaf area index in different stages

试验因素		拔节期	大喇叭口期	吐丝期	乳熟期	完熟期
Experimental factors		Elongation stage	Large flare stage	Silking stage	Maturity stage	Full-ripe stage
均方 Mean squares (ANOVA)	肥料($df=3$)	0.009***	0.347***	0.958***	0.201***	0.067***
	密度($df=3$)	0.213***	0.240***	0.551***	0.570***	0.971***
	方式 \times 密度($df=9$)	0.000**	NS	NS	0.003*	0.010***

*, ** 和 *** 分别表示 0.05、0.01 和 0.001 显著水平;“NS”表示差异不显著。下同。
*, ** and *** represent significance difference at 0.05, 0.01 and 0.001 level, respectively. “NS” means difference is not significant. The same below.

2.2 施肥、种植密度对德美亚 1 号主要农艺性状的影响

由表 3 可知,在相同种植密度条件下,随着施肥量的增加德美亚 1 号的穗行数、行粒数及千粒重均呈先升高后下降的变化趋势,而德美亚 1 号的穗粗、穗长、出籽率随施肥量增加呈现逐渐升高的趋势,其中 A2 处理的千粒重最高为 340.58 g。种植密度对德美亚 1 号的各产量构成因素(行粒数、千粒重等)均有显著影响,德美亚 1 号穗长、穗粗及行粒数均随着密度的增加而逐渐下降;在 B1~B5 种植密度范围内,随着种植密度的增加,千粒重呈先增加后下降的趋势,且当种植密度为 B3 时,千粒重最重为 337.23 g。此外,不同密度处理间穗行数、出籽率的差异不大。通过双因素

分析表明,施肥量与种植密度互作对穗行数、千粒重、出籽率的影响效果不明显,而对穗粗、穗长、行粒数互作效果达显著水平,其中施肥和密度对德美亚 1 号产量具有显著的互作效应。

2.3 施肥、种植密度对德美亚 1 号产量的影响

从图 2 看出,相同种植密度下,在 A1~A3 施肥水平范围内,德美亚 1 号的产量随施肥量的增加呈先升高后下降的趋势,即 A2 施肥水平产量最高,平均可达 12.41 t·hm⁻²,说明适当施肥量具有一定的增产作用;相同施肥量条件下,在本试验种植密度范围内,当密度为 9 万株·hm⁻²(B3)时产量最高,平均产量达 12.39 t·hm⁻²,明显高于 B1、B3 密度处理,其中处理 A2B3 产量最高,达 12.80 t·hm⁻²,显著高于其它处理。由表 4 可知,

施肥量和密度两因素对德美亚 1 号产量存在极显著的互作效应。

表 3 施肥量和群体密度对玉米农艺性状的影响

Table 3 Effect of fertilizing amount and community density on main agronomic characters of maize		行粒数	穗行数	千粒重/g	穗粗/cm	穗长/cm	出籽率/%
Experimental factors		Kernels per line	Lines perear	Thousand kernel weight	Eardiameter	Ear length	Grain raito
肥料因子 Fertilizer actor	A1	34.22 c	14.10 c	327.18 c	4.85 c	16.02 c	81.45 c
	A2	35.28 a	14.73 a	340.58 a	5.15 b	17.05 b	81.57 b
	A3	34.78 b	14.40 b	332.15 b	5.30 a	17.98 a	81.75 a
种植密度 Planting density	B1	35.07 a	14.30 c	329.63 c	5.18 a	17.27 a	81.67 a
	B2	34.82 ab	14.40 b	333.05 b	5.10 ab	16.93 b	81.58 b
	B3	34.38 b	14.53 a	337.23 a	5.02 b	16.85 b	81.52 bc
	B4	34.12 b	14.37 c	327.17 c	4.88 c	16.77 bc	81.50 c
	B5	33.89 c	14.38 c	320.88 d	4.81 c	16.69 c	81.48 c
均方 Mean squares (ANOVA)	肥料(df=3)	1.707***	0.599***	275.349***	0.315***	5.807***	0.137***
	密度(df=3)	0.717***	0.081**	86.934***	0.042**	0.292***	0.034**
	肥料×密度(df=9)	0.047*	NS	NS	0.038*	0.033*	NS

表 4 不同处理产量的差异显著性比较
Table 4 Significant differences of grain yield

处理 Treatment	产量/(t·hm ⁻²) Yield
A1B1	11.32 e
A1B2	11.53 d
A1B3	11.71 cd
A1B4	11.46 d
A1B5	11.26 e
A2B1	11.90 c
A2B2	12.41 b
A2B3	12.80 a
A2B4	12.57 ab
A2B5	12.38 b
A3B1	11.50 d
A3B2	12.30 b
A3B3	12.66 ab
A3B4	12.21 b
A3B5	11.48 d
肥料(df=3)	1.484***
密度(df=3)	1.364***
肥料×密度(df=9)	0.172***

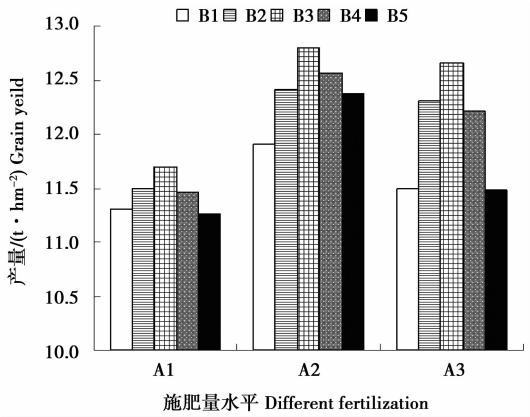


图 2 不同施肥量和群体密度对玉米产量的影响

Fig. 2 Effect of different fertilization and planting density on grain yield of maize

3 结论与讨论

本研究结果表明,施肥水平和种植密度是影响玉米产量的主要因子。适当增加施肥量和种植密度是获得高产的重要措施。施肥量在 A1~A3 处理,供试品种德美亚 1 号产量随施肥量的增加而呈现先增高后下降的趋势,在 A2 处理时最高,说明德美亚 1 号在试验田地力和试验年份气候中等施肥水平(A2)完全可以满足玉米生长发育需要,多施反而有减产趋势。这与前人的研究结果基本一致^[13];密度对穗行数、行粒数、穗长、叶面积、穗粗、茎粗及千粒重等均产生显著的影响,在同一施肥水平时,低密度(B1)下产量均最低,与

前人研究结果基本一致^[14]。在 B3 密度水平时,玉米植株个体和群体之间能够较好地协调发展,玉米在各生育时期均具有最高的叶面积指数,能截获更多的光能并用于合成干物质,生育后期叶面积指数下降缓慢,从而使玉米群体在各生育时期均可保持较高的光合能力,为玉米高产奠定良好的群体基础,因而 B3 产量最高。本研究结果还表明,施肥和密度对德美亚 1 号产量存在极显著的互作效应。高肥高密的种植方式有利于产量的提高,但并非愈高愈密愈好,各肥密处理组合产量以 A2B3 处理(尿素 400 kg·hm⁻²、硫酸钾 100 kg·hm⁻²、磷酸二铵 300 kg·hm⁻², 9 万株·hm⁻²) 最高,其次 A3B3 处理。因此,在实际生产中可根据土壤肥力条件及当地施肥水平高低配制适宜种植密度,同样能获得理想的产量水平。

参考文献:

- [1] 韩金玲,李彦生,杨晴,等. 不同种植密度下春玉米干物质积累、分配和转移规律研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 115-119.
- [2] 薛珠政,卢和顶,林建新,等. 种植密度对玉米单株和群体效应的影响[J]. 玉米科学, 1999, 7(2): 52-54.
- [2] 刘开昌,王庆成,张秀清,等. 玉米光合性能与耐密性关系的研究[J]. 山东农业科学, 2001(6): 25-29.

- [3] 吴建明,梁和,唐仕云,等. 不同施肥水平与密度对高油 115 玉米产量和品质的影响[J]. 广西农业科学, 2005, 36(2): 138-140.
- [4] 王庆成,刘开昌. 山东夏玉米高产栽培理论与实践[J]. 玉米科学, 2004, 12(Z2): 60-62.
- [5] 黄智鸿,王思远,包岩,等. 超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究[J]. 玉米科学, 2007(3): 95-98.
- [6] 佟屏亚,凌碧莹. 夏玉米干物质积累动态模拟[J]. 北京农业科学, 1996, 14(5): 21-24.
- [7] 王锡平. 玉米冠层光合有效辐射三维空间分布模型的构建与验证[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [8] 郭江,郭新宇,郭程瑾,等. 密度对不同株型玉米群体结构的调控效应[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 149-153.
- [9] 胡萌. 密度对春玉米光合与衰老生理及产量的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
- [10] 杨国虎,李新,王承莲,等. 种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J]. 西北农业学报, 2006(5): 57-60.
- [11] 陈华璋,董永琴,任洪,等. 不同密度与施氮量对夏播黔玉 3 号产量的影响[J]. 贵州农业科学, 2006, 34(5): 48-49.
- [12] 王金召,贾耀军,乔旭,等. 种植密度与郑单 22 玉米产量及农艺性状的相关性分析[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(21): 6393-6393.
- [13] 师学珍,白润娥,杨相甫,等. 种植密度对不同玉米品种穗部性状及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(33): 16284-16285.
- [14] 陈长青,尤丹. 种植密度和施氮量对辽单 527 产量的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(4): 125-127.

Effects of Fertilization and Planting Density on Agronomic Traits and Yield of Maize

YU Hong-bin^{1,2}, GAO Shu-ren¹, LIU Li², WANG Guang-ming²

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319; 2. Hongguang Farm in Heilongjiang Province, Hailun, Heilongjiang 152343)

Abstract: To explore the high yield and high efficiency cultivation of maize in Heilongjiang province, Demeiya 1 was used as experimental material by two factors split plot design, the main fertilizer treatment factor for a total of three levels, that A1 (urea 280 kg·hm⁻², diammonium 210 kg·hm⁻², potassium sulfate 70 kg·hm⁻²), A2(urea 400 kg·hm⁻², diammonium phosphate 300 kg·hm⁻², potassium sulfate 100 kg·hm⁻²), A3 (urea 520 kg·hm⁻², diammonium phosphate 390 kg·hm⁻², potassium sulfate 130 kg·hm⁻²); at the planting density (b) deputy district, set five different planting densities (60 000, 75 000, 90 000, 105 000 and 120 000 plants·hm⁻²) to study the planting density and fertilizer amount on the yield and main agronomic traits. The results showed that there were significant effects of yield in different planting density and fertilizer on Demeiya 1. Under the condition of the same planting density, with fertilization increasing row number per ear, grain number and 1 000 grain weight were increased first and then decreased trend, and ear diameter, ear length, seed rate of Demeiya I showed a trend of gradually increased with the fertilizer increased, at the same level of fertilizer, ear length, ear diameter and row grain number decreased gradually with the increase of density, and 1 000 grain weight was increased first and then decreased trend, and when the planting density B3, 1 000 grain weight, the weight of 337. 23 g. In addition, the fertilizer and density combination A2B3 treatment (urea 400 kg·hm⁻², potassium sulfate 100 kg·hm⁻², diammonium phosphate 300 kg·hm⁻², 90 000 plants·hm⁻²) was the highest, followed by the A3B3 treatment (urea 520 kg·hm⁻², potassium sulfate 130 kg·hm⁻², diammonium phosphate 390 kg·hm⁻², 90 000 plants·hm⁻²).

Keywords: Demeiya 1; fertilizer rate; planting density; agronomic characters; yield